

35.C14646



PATENT APPLICATION

*Priority paper*  
*#35*  
*T. Walker*  
*3-19-01*

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Application of:	)	
TAKEHIKO NAKAI	)	Examiner: Unassigned
Application No.: 09/626,738	)	Group Art Unit: 2872
Filed: July 26, 2000	)	
For: DIFFRACTION OPTICAL	)	
ELEMENT	)	November 13, 2000

Commissioner for Patents  
**Box Missing Parts**  
Washington, D.C. 20231

CLAIM FOR PRIORITY

Sir:

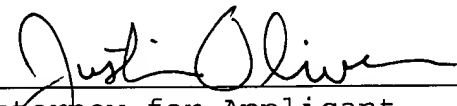
Applicant hereby claims priority under the International Convention and preserves all rights to which he is entitled under 35 U.S.C. § 119 based upon the following Japanese Priority Application:

JAPAN 11-213374, filed July 28, 1999.

A certified copy of the priority document is enclosed.

Applicant's undersigned attorney may be reached in our Washington, D.C. office by telephone at (202) 530-1010. All correspondence should continue to be directed to our below-listed address.

Respectfully submitted,

  
\_\_\_\_\_  
Attorney for Applicant  
Registration No. 44,986

FITZPATRICK, CELLA, HARPER & SCINTO  
30 Rockefeller Plaza  
New York, New York 10112-3801  
Facsimile: (212) 218-2200

JJO/tmm

日本国特許  
PATENT OFFICE  
JAPANESE GOVERNMENT



別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日

Date of Application:

1999年 7月28日

出願番号

Application Number:

平成11年特許願第213374号

出願人

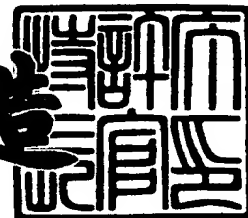
Applicant(s):

キヤノン株式会社

2000年 8月18日

特許庁長官  
Commissioner,  
Patent Office

及川耕造



出証番号 出証特2000-3065470

【書類名】 特許願

【整理番号】 3980006

【提出日】 平成11年 7月28日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 G02B 5/18

【発明の名称】 回折光学素子及びそれを用いた光学系

【請求項の数】 16

【発明者】

【住所又は居所】 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社  
社内

【氏名】 中井 武彦

【特許出願人】

【識別番号】 000001007

【氏名又は名称】 キヤノン株式会社

【代表者】 御手洗 富士夫

【代理人】

【識別番号】 100086818

【弁理士】

【氏名又は名称】 高梨 幸雄

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 009623

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9703877

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 回折光学素子及びそれを用いた光学系

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 少なくとも 2 種類の分散の異なる材質からなる回折格子を複数近接させて重ね合わせた積層格子構造を有し、使用波長領域で特定次数の回折効率を高くした回折光学素子に於いて、前記複数の回折格子のうち少なくとも 2 つは曲面上に形成しており、隣接する 2 つの回折格子は、各格子部の先端部を連ねた先端曲面が等しい曲面形状となっていることを特徴とする回折光学素子。

【請求項 2】 少なくとも 2 種類の分散の異なる材質からなる回折格子を複数近接させて重ね合わせた積層格子構造を有し、使用波長領域で特定次数の回折効率を高くした回折光学素子に於いて、前記複数の回折格子のうち少なくとも 2 つは曲面上に形成しており、隣接する 2 つの回折格子のうち、一方の回折格子の格子部の先端部を連ねた先端曲面と、他方の回折格子の格子部の溝底部を連ねた溝底曲面が等しい曲面形状となっていることを特徴とする回折光学素子。

【請求項 3】 少なくとも 2 種類の分散の異なる材質からなる回折格子を複数近接させて重ね合わせた積層格子構造を有し、使用波長領域で特定次数の回折効率を高くした回折光学素子に於いて、前記複数の回折格子のうち少なくとも 2 つは曲面上に形成しており、隣接する 2 つの回折格子は、対向する格子部の先端部を結んだ線が光軸と概平行となっていることを特徴とする回折光学素子。

【請求項 4】 少なくとも 2 種類の分散の異なる材質からなる回折格子を複数近接させて重ね合わせた積層格子構造を有し、使用波長領域で特定次数の回折効率を高くした回折光学素子に於いて、該複数の回折格子のうち隣接する 2 つの回折格子は格子部の格子エッジと格子部の格子面とのなす角度を  $\beta$ 、該格子部の先端部を連ねた先端曲面と該先端部が交わる位置での先端曲面の面法線に対する該格子面がなす角を  $\alpha$  としたとき、

$$\alpha \leq \beta$$

を満足することを特徴とする回折光学素子。

【請求項 5】 少なくとも 2 種類の分散の異なる材質からなる回折格子を複数近接させて重ね合わせた積層格子構造を有し、使用波長領域で特定次数の回折

効率を高くした回折光学素子に於いて、該回折格子の格子部の格子厚は該格子部の先端部を連ねた先端曲面と該先端部が交わる位置での先端曲面の面法線に対して平行方向の長さが一定となっていることを特徴とする回折光学素子。

【請求項 6】 少なくとも 2 種類の分散の異なる材質からなる回折格子を複数近接させて重ね合わされた積層格子構造を持つことで、使用波長領域全域で特定次数（設計次数）の回折効率を高くするような回折光学素子に於いて、前記複数の回折格子のうち少なくとも 2 つは曲面上に形成しており、隣接する 2 つの回折格子は、各格子部の最も近接する格子の先端部を連ねた先端曲面が等しい曲率中心を有する曲面形状となっていることを特徴とする回折光学素子。

【請求項 7】 少なくとも 2 種類の分散の異なる材質からなる回折格子を複数近接させて重ね合わせた積層格子構造を有し、使用波長領域で特定次数の回折効率を高くした回折光学素子に於いて、前記複数の回折格子のうち少なくとも 2 つは曲面上に形成しており、隣接する 2 つの回折格子の格子間隔は等しいことを特徴とする回折光学素子。

【請求項 8】 前記回折光学素子は各回折格子の非格子領域で接合されることを特徴とする請求項 1 から 7 のいずれか 1 項の回折光学素子。

【請求項 9】 前記積層される回折格子は格子部の格子形状の向きが異なる回折格子が少なくとも 1 つ含まれることを特徴とする請求項 1 から 8 のいずれか 1 項の回折光学素子。

【請求項 10】 前記使用波長領域が、可視光域であることを特徴とする請求項 1 から 9 のいずれか 1 項の回折光学素子。

【請求項 11】 前記複数の回折格子のうち少なくとも 1 つは、回折格子を形成する材質と該回折格子を設けた基板が同材質であることを特徴とする請求項 1 から 10 のいずれか 1 項の回折光学素子。

【請求項 12】 前記基板がレンズ作用を有することを特徴とする請求項 1 の回折光学素子。

【請求項 13】 前記回折光学素子は貼り合せレンズの貼り合せ面に形成したことを特徴とする請求項 1 から 11 のいずれか 1 項の回折光学素子。

【請求項 14】 請求項 1 から 13 のいずれか 1 項記載の回折光学素子を用

いたことを特徴とする光学系。

【請求項 1 5】 前記光学系は、結像光学系であることを特徴とする請求項 1 4 記載の光学系。

【請求項 1 6】 前記光学系は、観察光学系であることを特徴とする請求項 1 4 記載の光学系。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は回折光学素子のうち特に複数の波長、あるいは帯域光で使用する際に好適な回折光学素子及びそれを用いた光学系に関するものである。

【0 0 0 2】

【従来の技術】

従来の硝材の組み合わせにより色収差を減じる方法に対して、レンズ面やあるいは光学系の 1 部に回折作用を有する回折光学素子（以下回折格子とも言う）を設けることで、色収差を減じる方法が S P I E Vol.1354 International Lens Design Conference (1 9 9 0) 等の文献や特開平 4 - 2 1 3 4 2 1 号公報、特開平 6 - 3 2 4 2 6 2 号公報、そして U S P 5 0 4 4 7 0 6 号等により開示されている。これは、光学系中の屈折面と回折面とでは、ある基準波長の光線に対する色収差の出方が逆方向に発現するという物理現象を利用したものである。さらに、このような回折光学素子は、その周期的構造の周期を変化させることで非球面レンズ的な効果をも持たせることができ収差の低減に大きな効果がある。

【0 0 0 3】

ここで、屈折においては、1 本の光線は屈折後も 1 本の光線であるのに対し、回折においては、各次数に光が複数のに分かれてしまう。そこで、レンズ系として回折光学素子を用いる場合には、使用波長領域の光束が 1 つの特定次数（以後「設計次数」とも言う）に集中するように格子構造を決定する必要がある。特定の次数に光が集中している場合では、それ以外の回折光の光線の強度は低いものとなり、強度が 0 の場合にはその回折光は存在しないものとなる。

【0 0 0 4】

そのため前記特長を、有用するためには使用波長域全域において設計次数の光線の回折効率が十分高いことが必要になる。また、設計次数以外の回折次数をもった光線が存在する場合は、設計次数の光線とは別な所に結像するため、フレア光となる。従って回折効果を利用した光学系においては、設計次数での回折効率の分光分布及び設計次数以外の光線の振る舞いについても十分考慮する事が重要である。

## 【0005】

図16に示すような基板202に1つの層より成る回折格子204を設けた回折光学素子201をある面に形成した場合、特定の回折次数に対する回折効率の特性を図17に示す。以下、回折効率の値は全透過光束に対する各回折光の光量の割合であり、回折格子境界面での反射光などは説明が複雑になるので考慮していない値になっている。この図で、横軸は波長をあらわし、縦軸は回折効率を表している。この回折光学素子は、1次の回折次数（図中実線）において、使用波長領域でもっとも回折効率が高くなるように設計されている。即ち設計次数は1次となる。さらに、設計次数近傍の回折次数（1次±1次の0次と2次）の回折効率も併せ並記しておく。図17に示されるように、設計次数では回折効率はある波長で最も高くなり（以下「設計波長」と言う）それ以外の波長では序々に低くなる。この設計次数での回折効率の低下分は、他の次数の回折光となり、フレアとなる。また、回折光学素子を複数個使用した場合には特に、設計波長以外の波長での回折効率の低下は透過率の低下にもつながる。

## 【0006】

この回折効率の低下を減少できる構成が特開平9-127322号公報に開示されている。これは図18に示すように3種類の異なる材料と、2種類の異なる格子厚を最適に選び、等しいピッチ分布で近接して配置することで図19に示すように可視域全域で高い回折効率を実現している。

## 【0007】

また回折効率の低下を減少できる回折光学素子を、出願人が特開平10-133149号公報に提示している。図20は上記提案で提示した構成であり、2層に重ね合わされた積層断面形状をもつ。そして2層を構成する材質の屈折率、分



散特性および各格子厚を最適化することにより、高い回折効率を実現している。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】

回折光学素子を光学系中に設けると、回折光学素子には種々な画角の光束が入射する。この為、平板上に回折格子を設けた回折光学素子を光学系中に用いると、回折光学素子への光束の入射角が画角によって種々変化し、画角によって回折効率が変化してくる。

【0009】

特に、積層回折光学素子は従来の図 1 6 に示した単層回折光学素子に比べて、格子厚が厚くなる傾向にある。そのため、画角を有する光学系に用いた場合、格子エッジ面での光束のけられなどで大幅に回折効率が低下する。そのため、平板上に形成された積層回折光学素子は画角の小さな光学系にしか適用できなかった。

【0010】

これに対して、曲面上に回折格子を設けた回折光学素子を光学系中に用いると（例えば絞りよりも物体側に回折光学素子を配置するときには絞りに対して凹面となる曲面上に回折格子を設けた回折光学素子を用いると）回折光学素子への光束の入射角の変化が画角変化によって少なくなる。この為、画角変化による回折効率の変化が少なくなるという利点を得られる。

【0011】

又、回折光学素子を平面上の代わりに曲面上に設ければ回折作用と曲面による屈折作用の双方の光学作用が得られる。この為、光学系中に設けるとときには非常に有利となる。

【0012】

上記従来例において、特開平 9 - 1 2 7 3 2 2 号公報で提案されている回折光学素子は、回折格子の格子先端を連ねた面は平面である形状しか記載されていない。本出願人が提案した特開平 1 0 - 1 3 3 1 4 9 号公報においては回折光学素子を平面の他に曲面上にも形成しても良いとの記述はあるが、具体的な形状は何ら記載していない。

【0 0 1 3】

実際に、曲面上に積層構造を有する回折光学素子を形成する際の格子形状を適切にしないと、場合によっては、平面上に形成した積層構造の回折光学素子と同等の高い光学性能が得られない。

【0 0 1 4】

本発明は、使用波長領域全域で高い回折効率を有し、光学系の一部に用いたときでも画角によって回折効率の変化が少なく良好なる光学性能が容易に得られる回折光学素子及びそれを用いた光学系の提供を目的とする。

【0 0 1 5】

本発明の他の目的は、比較的画角の大きな光学系に積層回折光学素子を用いる場合でも、回折効率の低下が低減できる回折光学素子及びそれを用いた光学系の提供にある。

【0 0 1 6】

より具体的には、絞りに対してコンセンリックな面に代表される曲面上に積層回折光学素子を形成するのに最適な回折光学素子及びそれを用いた光学系の提供を目的とする。

【0 0 1 7】

【課題を解決するための手段】

請求項 1 の発明の回折光学素子は、

少なくとも 2 種類の分散の異なる材質からなる回折格子を複数近接させて重ね合わせた積層格子構造を有し、使用波長領域で特定次数の回折効率を高くした回折光学素子に於いて、前記複数の回折格子のうち少なくとも 2 つは曲面上に形成しており、隣接する 2 つの回折格子は、各格子部の先端部を連ねた先端曲面が等しい曲面形状となっていることを特徴としている。

【0 0 1 8】

請求項 2 の発明の回折光学素子は、

少なくとも 2 種類の分散の異なる材質からなる回折格子を複数近接させて重ね合わせた積層格子構造を有し、使用波長領域で特定次数の回折効率を高くした回折光学素子に於いて、前記複数の回折格子のうち少なくとも 2 つは曲面上に形成

しており、隣接する 2 つの回折格子のうち、一方の回折格子の格子部の先端部を連ねた先端曲面と、他方の回折格子の格子部の溝底部を連ねた溝底曲面が等しい曲面形状となっていることを特徴としている。

## 【 0 0 1 9 】

請求項 3 の発明の回折光学素子は、

少なくとも 2 種類の分散の異なる材質からなる回折格子を複数近接させて重ね合わせた積層格子構造を有し、使用波長領域で特定次数の回折効率を高くした回折光学素子に於いて、前記複数の回折格子のうち少なくとも 2 つは曲面上に形成しており、隣接する 2 つの回折格子は、対向する格子部の先端部を結んだ線が光軸と概平行となっていることを特徴としている。

## 【 0 0 2 0 】

請求項 4 の発明の回折光学素子は、

少なくとも 2 種類の分散の異なる材質からなる回折格子を複数近接させて重ね合わせた積層格子構造を有し、使用波長領域で特定次数の回折効率を高くした回折光学素子に於いて、該複数の回折格子のうち隣接する 2 つの回折格子は格子部の格子エッジと格子部の格子面とのなす角度を  $\beta$ 、該格子部の先端部を連ねた先端曲面と該先端部が交わる位置での先端曲面の面法線に対する該格子面がなす角を  $\alpha$  としたとき、

$$\alpha \leq \beta$$

を満足することを特徴としている。

## 【 0 0 2 1 】

請求項 5 の発明の回折光学素子は、

少なくとも 2 種類の分散の異なる材質からなる回折格子を複数近接させて重ね合わせた積層格子構造を有し、使用波長領域で特定次数の回折効率を高くした回折光学素子に於いて、該回折格子の格子部の格子厚は該格子部の先端部を連ねた先端曲面と該先端部が交わる位置での先端曲面の面法線に対して平行方向の長さが一定となっていることを特徴としている。

## 【 0 0 2 2 】

請求項 6 の発明の回折光学素子は、

少なくとも2種類の分散の異なる材質からなる回折格子を複数近接させて重ね合わされた積層格子構造を持つことで、使用波長領域全域で特定次数（設計次数）の回折効率を高くするような回折光学素子に於いて、前記複数の回折格子のうち少なくとも2つは曲面上に形成しており、隣接する2つの回折格子は、各格子部の最も近接する格子の先端部を連ねた先端曲面が等しい曲率中心を有する曲面形状となっていることを特徴としている。

【0023】

請求項7の発明の回折光学素子は、

少なくとも2種類の分散の異なる材質からなる回折格子を複数近接させて重ね合わせた積層格子構造を有し、使用波長領域で特定次数の回折効率を高くした回折光学素子に於いて、前記複数の回折格子のうち少なくとも2つは曲面上に形成しており、隣接する2つの回折格子の格子間隔は等しいことを特徴としている。

【0024】

請求項8の発明は請求項1から7のいずれか1項の発明において、

前記回折光学素子は各回折格子の非格子領域で接合されることを特徴としている。

【0025】

請求項9の発明は請求項1から8のいずれか1項の発明において、

前記積層される回折格子は格子部の格子形状の向きが異なる回折格子が少なくとも1つ含まれることを特徴としている。

【0026】

請求項10の発明は請求項1から9のいずれか1項の発明において、

前記使用波長領域が、可視光域であることを特徴としている。

【0027】

請求項11の発明は請求項1から10のいずれか1項の発明において、

前記複数の回折格子のうち少なくとも1つは、回折格子を形成する材質と該回折格子を設けた基板が同材質であることを特徴としている。

【0028】

請求項12の発明は請求項11の発明において、

前記基板がレンズ作用を有することを特徴としている。

【 0 0 2 9 】

請求項 1 3 の発明は請求項 1 から 1 1 のいずれか 1 項の発明において、

前記回折光学素子は貼り合せレンズの貼り合せ面に形成したことを特徴としている。

【 0 0 3 0 】

請求項 1 4 の発明の光学系は請求項 1 から 1 3 のいずれか 1 項の回折光学素子を用いたことを特徴としている。

【 0 0 3 1 】

請求項 1 5 の発明は請求項 1 4 の発明において、

前記光学系は、結像光学系であることを特徴としている。

【 0 0 3 2 】

請求項 1 6 の発明は請求項 1 4 の発明において、

前記光学系は、観察光学系であることを特徴としている。

【 0 0 3 3 】

【発明の実施の形態】

図 1 は本発明の回折光学素子の要部正面図と要部側面図、図 2 は図 1 の A - A 断面図である。

【 0 0 3 4 】

図 1 において、1 は回折光学素子であり、第 1 の回折光学素子 2 の回折格子 6 と第 2 の回折光学素子 3 の回折格子 7 が近接し、対向した構成よりなっている。回折光学素子を構成する回折格子 6, 7 は同心円状の格子形状からなり、レンズ作用を有している。また、隣接する 2 つの回折格子 6, 7 は各格子部 6 - 1 (7 - 1) の先端部 6 b (7 b) を連ねたとき曲面 (先端曲面) 9, 1 0 となっている。そして、2 つの先端曲面 9, 1 0 が等しい曲面形状となっている。O は光軸である。

【 0 0 3 5 】

図 2 は図 1 の回折光学素子 1 を図中 A - A '断面で切断した断面形状の一部であり、回折格子 6, 7 の格子深さ方向にかなりデフォルメされた図となっている

。回折光学素子 1 は、基板 4 の表面に回折格子 6 が作成された第 1 の回折光学素子 2 と、基板 5 の表面に回折格子 7 が作成された第 2 の回折光学素子 3 とが空気 8 を介して近接した構成となっている。そして全層を通して 1 つの回折光学素子として作用している。さらに、基板 4、基板 5 とともに、回折格子 6、7 の形成面及び反対の面は曲面であり、基板 4、5 自体で屈折レンズとしての作用を有する。図 2 において、9、10 は回折格子 6、7 の先端曲面を示している。

## 【0036】

まず回折光学素子の回折効率について説明する。

## 【0037】

通常の図 16 に示すような 1 層 204 の透過型の回折光学素子 201 で、設計波長  $\lambda_0$  で回折効率が最大となる条件は、光束が回折格子 204 に対して垂直入射した場合は、回折格子 204 の山と谷の光学光路長差が波長の整数倍になればよく

$$(n_{01} - 1) d = m \lambda_0 \quad (1)$$

となる。ここで  $n_{01}$  は波長  $\lambda_0$  での回折格子の材質の屈折率である。d は格子厚、m は回折次数である。図 17 はこのときの回折光学素子 201 の回折効率を示している。

## 【0038】

一方、図 21 に示すような 2 層 306、307 以上の回折格子構造からなる回折光学素子 301 でも、基本的な光学作用は同様で、全層を通して 1 つの回折光学素子として作用させるためには、各材質の境界に形成された回折格子 306、307 の山と谷の光学光路長差を求め、それを全層にわたって加え合わせたものが、波長の整数倍になるように決定する。尚、図 21 において、304、305 は各々基板、308 は空気層である。図 21 に示した積層構造の回折光学素子 301 に光束が垂直入射する場合の回折効率が最大となる条件式は、

$$\pm (n_{01} - 1) d_1 \pm (n_{02} - 1) d_2 = m \lambda_0 \quad (2)$$

となる。ここで  $n_{01}$  は波長  $\lambda_0$  での第 1 の回折格子 306 の材質の屈折率、 $n_{02}$  は波長  $\lambda_0$  での第 2 の回折格子 307 の材質の屈折率である。d1 と d2 はそれぞれ第 1 の回折格子 306 と第 2 の回折格子 307 の格子厚である。ここで回折

方向を図 2 1 中の 0 次回折光から下向きに回折するのを正の回折次数とすると、  
 (2) 式での各層の加減の符号は、図に示すように上から下に格子厚が増加する  
 格子形状 (図中、回折格子 3 0 7) の場合が正となり、逆に下から上に格子厚が  
 増加する格子形状 (図中、回折格子 3 0 6) の場合が負となる。以下に具体的な  
 例を引用し説明する。

#### 【0 0 3 9】

まず第 1 の回折光学素子 3 0 2 として以下の構成をとる。回折格子 3 0 6 を形  
 成する材質は紫外線硬化樹脂 ( $n_d=1.635$ 、 $v_d=23.0$ )、格子厚  $d_1$  は  $6.9 \mu m$   
 とする。同様に第 2 の回折光学素子 3 0 3 として以下の構成をとる。回折格子 3  
 0 7 を形成する材質は大日本インキ化学工業 (株) 製の紫外線硬化樹脂 C 0 0 1  
 ( $n_d=1.524$ 、 $v_d=50.8$ )、格子厚  $d_2$  は  $9.5 \mu m$  とする。この構成での、1 次  
 回折光及び近傍の 0 次 2 次の回折効率を図 2 2 に示す。

#### 【0 0 4 0】

図 2 2 からわかるように 1 次回折光が可視域全域で高い回折効率を維持してい  
 ることがわかる。また、0 次及び 2 次回折光は図 1 7 の従来例に比べて大幅に低  
 減されていることがわかる。

#### 【0 0 4 1】

次に本発明の曲面上に回折格子を形成した回折光学素子の形状について順をお  
 って説明する。構成としては、曲率半径  $R$  をもつ曲面 (以下基準曲面という) 上  
 に上記回折格子が形成されとする。

#### 【0 0 4 2】

最初に第 1 の回折光学素子 2 と第 2 の回折光学素子 3 の各回折格子 6, 7 の格  
 子ピッチについて説明する。曲面上に形成した場合の回折格子の格子ピッチは、  
 隣接する回折格子 6, 7 の最も近接する格子部 6-1, 7-1 の先端 6 b, 7 b  
 の位置が実質的に等しい格子ピッチ分布を有することを特徴とする。即ち、対向  
 する格子部 6-1, 7-1 の先端部 6 b と 7 b とを結んだ線分が光軸  $O$  と概平行  
 と成るようにしている。比較として図 4 に基板側の格子先端 (図では格子部の溝  
 底部 6 c, 7 c) が等しい格子ピッチ分布を有する組み合わせの回折光学素子を  
 示す。以下の説明図は特に説明を加えない限り、回折格子のみで、基板は図示し

ない。

#### 【0043】

図4に示す構成では、斜線Aに入射する光束は第1の回折格子6の格子部6-1を射出した後、対応する格子部7-1に入射せず、隣接する格子部7-2に入射している。従って、斜線Aの光束は所望の光学光路長差が得られずに、不要な回折次数の光となる。そのため、本実施形態ではこの光束を少なくするため、図2に示したように格子部6に隣接する格子部7の最も近接する格子先端（図中格子部の山部）の位置が実質的に等しい格子ピッチ分布を有するようにしている。

#### 【0044】

次に第1の回折光学素子2と第2の回折光学素子3の各回折格子6（7）の格子部6-1（7-1）の先端部を連ねた面（先端曲面）9，10の形状について説明する。

#### 【0045】

本発明では隣接する2つの回折格子6，7の格子部6-1（7-1）の先端部6b（7b）を連ねた面（先端曲面9，10）が実質的に等しい曲面形状としている。

#### 【0046】

図5に比較として格子部6-1，7-1の溝底部6c（7c）を連ねた曲面4a，5aが等しい曲面形状とした回折光学素子51を示す。ここで曲率半径Rの面4a，5aに回折格子6，7を形成する場合を例にとり説明する。この場合、図中、回折格子6，7の格子部6-1，7-1の先端部6b，7bを連ねた面4b，5bの曲率半径は格子厚分、曲率半径は変わり、第1の回折光学素子2の面4bの曲率半径は $R-d_1$ 、第2の回折光学素子3の面5bの曲率半径は $R+d_2$ となる。上記先端部6b（7b）を連ねた面4b，5bの光軸O上の間隔をD1とする。

#### 【0047】

ここで具体的な数値例として、曲率半径Rを150mm、格子有効径を $\phi 100$ mm、格子厚 $d_1$ を $9.5\mu\text{m}$ 、格子厚 $d_2$ を $6.9\mu\text{m}$ 、間隔D1を $3\mu\text{m}$ とした時の回折格子周辺での間隔は約 $2.0\mu\text{m}$ と、中心に比べて $1.0\mu\text{m}$ 程



狭くなる。この間隔の変動は格子厚のオーダーが数 $\mu\text{m}$ であることを考えると無視できない量である。従って、この格子間隔（格子部の先端部と対向する格子部の先端部との間隔）の変動をなくすため、本実施形態では図 2 及び図 6 に示したように、隣接する 2 つの回折格子 6, 7 は各格子部 6-1 (7-1) の先端部 6b (7b) を連ねた面 9, 10 が実質的に等しい曲面形状（図 6 では同じ曲率半径 R）としている。

## 【0048】

さらに、図 7 に示すように回折光学素子 70 を第 1, 第 2, 第 3 の 3 つの回折光学素子 71, 72, 73 から構成されるときには、一方の回折格子 71a の格子部 71a-1 の先端部 71b を連ねた先端曲面 71c と、他方の回折格子 72a の格子部 72a-1 の溝底部 72d を連ねた溝底曲面 72c が等しい曲面（曲率半径 R）となるようにしている。又、隣接する回折格子 72a と 73a は格子部 72a-1, 73a-1 の先端 72e, 73b を連ねた面 72d, 73c が等しい面（曲率半径  $R-d/2$ ）となるようにしている。ここで、どの格子先端を連ねた曲面を基準曲面とするかは特に限定はしない。

## 【0049】

さらに詳細に、図 8 に示すように隣接した回折格子 6, 7 の最も近接する格子部 6-1, 7-1 の先端部 6b, 7b を連ねた曲面 9, 10 が光軸 O 方向に D1 だけ離れている場合の各々の格子ピッチと先端部を連ねた面形状について説明する。

## 【0050】

このとき、所望の曲率半径 R を有する曲面 12 を格子先端間隔 D1 の中間位置に仮想的に配置する。そして、各回折格子 6, 7 の格子部の格子先端部 6b, 7b を連ねた面 9, 10 の曲率半径は夫々同心円としたとき、第 1 の回折格子 6 の曲率半径は  $R + D1/2$ 、第 2 の回折格子 7 の曲率半径は  $R - D1/2$  とする。

## 【0051】

次に格子ピッチは、前述の仮想曲面 R 上で、所望の回折条件を満足するように格子エッジ位置（輪帯半径位置）を決定する。そして、図 1 に示す同心円形状の回折光学素子の場合、この位置で曲面 R に垂直に交わる円錐面を発生させ、こ

の円錐面が上記各格子部の山側の格子先端を連ねた曲面 9, 10 と交差する位置を各回折光学素子の格子エッジ位置とする。この構成は、基準曲面に垂直に交わる方向で、格子間隔を一定  $D_1$  に保ち、格子エッジ位置を一致させる構成である。一方、図 2 に示した実施例で、2 つの隣接する格子部 7-1, 7-2 の近接する格子先端を同じ格子ピッチ分布とし、また格子先端を連ねた曲面 9, 10 を同じ曲面とする構成は、光軸  $O$  方向で、格子間隔を一定  $D_1$  に保ち、格子エッジ位置を一致させる構成である。厳密には、図 8 で示した構成とするのがよいが、格子間隔  $D_1$  が  $1 \sim 3 \mu m$  と小さな時は、両者に大きな差はなくなり、製造上の容易さから図 2 で示された構成にすることが好ましい。

#### 【0052】

次に各回折格子のエッジ形状について説明する。本発明では、図 9 に示すように格子エッジ部 11a, 11b が格子面 6a となす角度  $\beta$  は、前記基準曲面 9 と格子先端 6b が交わる点での面法線 11c と格子面 6a がなす角度  $\alpha$  と同一（図中エッジ部 11a）か、より鈍角（図中エッジ部 11b）となるように格子エッジ部を形成することを特徴とする。即ち、 $\alpha \leq \beta$  となるようにしている。

#### 【0053】

通常、回折光学素子は生産性を考え、型を用いてプラスチック成形や紫外線硬化樹脂成形などで作製することが多い。曲面形状を有する成形品は、一般に、曲面の面垂線方向に収縮と言われており、このことから、格子部を離型よく成形するために、前述したような格子エッジ部 11a, 11b を形成することが好ましい。

#### 【0054】

次に各回折格子の格子厚  $d_1$  ( $d_2$ ) について説明する。本発明では、図 2 に示すように格子部の先端を連ねた面 9, 10 と格子先端 6b, 7b が交わる位置での面法線 11c 方向の格子厚み射影成分が一定となるようにしている。即ち、格子エッジ部 11a, 11b の面法線に対して平行方向の長さが一定となるようにしている。

#### 【0055】

図 10 に比較として、光軸  $O$  に平行な格子厚が一定となる形状を示す。これは

、回折光学素子に入射する光束が光軸Oに概平行に入射する場合、最適な回折効率が得られる格子条件である。しかしこの場合、前述のように成形性を考えて格子エッジ部 1 1 a, 1 1 b を基準曲面 R に垂直に形成すると、平行光束のうち図中 A 1, A 2 で示された光束は、格子エッジ部 1 1 a, 1 1 b へ入射し、所望の回折方向に回折しない不要光束となってしまう。従ってこの不要回折光の影響を少なくするには、光束が基準曲面にほぼ垂直に入射するように回折光学素子を使用することが好ましい。この時入射光束に対し、回折光学素子が与える位相差は、光束が通過する光学光路長差から与えられる。

## 【 0 0 5 6 】

このことから、図中、エッジ部 1 1 a の光軸 O 方向の長さ (a b) が格子厚 d a b となり、これは所望の格子厚 d 1 に比べて薄い格子厚になっていることは図から明らかである。そのため、図 2 に示す本発明のように、格子部の先端を連ねた面 9, 1 0 と格子先端が交わる位置での面法線 1 1 c 方向の格子厚み成分が一定となるようにすることで、格子エッジの影響が少ない回折光学素子の使用に於いて、最適な回折効率を得ている。

## 【 0 0 5 7 】

図 3 に本発明で作製した回折光学素子に面垂線方向から入射した光束と、図 1 0 に示した回折光学素子に光軸 O 方向から入射した光束の設計次数の回折効率を示す。ここで、格子ピッチは  $70\ \mu\text{m}$ 、基準曲面の面法線と光軸のなす角は  $5^\circ$  とし、第 1 の回折光学素子 2 の材質は紫外線硬化樹脂 ( $n_d=1.635$ 、 $v_d=23.0$ )、第 2 の回折光学素子 3 の材質は大日本インキ化学工業 (株) 製の紫外線硬化樹脂 C 0 0 1 ( $n_d=1.524$ 、 $v_d=50.8$ )、とする。また各格子厚は夫々の構成に於いて格子厚 d 1 が  $6.9\ \mu\text{m}$ 、格子厚 d 2 が  $9.5\ \mu\text{m}$  を満足するような形状とする。図中実線②が本発明の回折光学素子、点線①が図 1 0 の構成の回折光学素子である。

## 【 0 0 5 8 】

このことから、本発明の回折光学素子の回折効率が高く、しかも図 2 2 に示した平面上に形成された積層構造の回折光学素子と同等の性能が得られていることがわかる。

## 【 0 0 5 9 】

以上の説明は、基準曲面が球面となる回折光学素子について行ったが、図 1 1 に示す 1 次元格子や、基準曲面が非球面や、シリンドリカル面、トーリック面など任意の面に適応できる。

## 【 0 0 6 0 】

図 1 2 は本発明の回折光学素子の実施形態 2 の要部概略図である。

## 【 0 0 6 1 】

前記実施形態 1 では、第 1、第 2 の 2 つの回折光学素子を近接して配置する構成となっていた。ここで 2 つの回折光学素子の相対的な位置はかなり精度良く合せられる必要がある。そこで、実施形態 2 では図 1 2 に示すように回折光学素子 2、3 の回折格子が存在しない非格子領域 1 3 で 2 つの回折光学素子 2、3 を接着する構成をとる。

## 【 0 0 6 2 】

このような構成にすることで、接着までをクリーンルームなどのゴミの少ない環境で組み立てれば、格子面にゴミの付着は大幅に低減できる。また接着後は格子面に触れることはなくなるので、回折光学素子 1 を他の光学系に組込む際の作業性についても大幅に改善される。

## 【 0 0 6 3 】

図 1 3 は本発明の回折光学素子の実施形態 3 の要部概略図である。

## 【 0 0 6 4 】

前記実施形態 1、2 の回折光学素子は、2 つの回折格子を近接して配置する構成となっている。実施形態 2 において 2 つの回折格子間の相対位置は 3 次元的に誤差を生じる場合がある。そこで実施形態 3 では図 1 3 に示すように非格子領域 1 3 に格子部の高さ方向の間隔を規制する箇所 1 4 を設けることで、格子部の深さ方向の相対間隔を精度良く出している。

## 【 0 0 6 5 】

このような構成により回折格子の位置合せが図中 x y 方向のみの位置合わせを行うことで良くなり作業性は大幅に改善される。また、位置合わせ中に回折格子同士が干渉し格子先端が変形するなどの問題もなくなる。なお、本実施形態の格

子部の高さ規制箇所 14 は回折格子を作成するときに回折格子と同じ材料で一体に製造すれば、精度、コストともに好ましい。さらに、図 1 に示すような基板がレンズ形状を有する場合には、位置合わせ調整時に 2 つのレンズの相対的な偏心が相殺されるような調整を実施すれば、回折光学素子 1 は透過光学偏心の少ない良好な性能の素子を提供できる。

【0066】

次に本発明の回折光学素子の実施形態 4 について説明する。

【0067】

前記各実施形態の回折光学素子は基板と回折格子を形成する材料が異なっていたがこれに限定するものではなく、回折格子を形成する材料を基板と同じ材料で構成し基板と一体で製造してもよい。

【0068】

このような構成にすることで、基板外径と回折格子中心の位置が精度良くあわせられる。或いは基板がレンズ形状を有する場合は、基板レンズの芯と格子中心を良子に合せることが可能になる。従って、本発明の回折光学素子を他のレンズに組込む際の光軸合せ精度が向上し、素子が偏心することによって生じる結像性能等の収差の劣化は大幅に低減できる。

【0069】

図 14 は本発明の回折光学素子を用いた光学系の要部概略図である。

【0070】

図 14 はカメラ等の撮影光学系の断面を示したものであり、同図中 101 は撮影レンズで、内部に絞り 102 と前述した本発明の回折光学素子 1 を持つ。103 は結像面であるフィルムまたは CCD である。

【0071】

本発明の回折光学素子を用いることで、回折効率の波長依存性は大幅に改善されているので、フレアが少なく低周波数での解像力も高い高性能な撮影レンズが得られる。また本発明の回折光学素子は、簡単な製法で作成できるので、撮影光学系としては量産性に優れた安価な光学系を提供できる。

【0072】

図 1 4 では前玉のレンズの貼り合せ面に本発明の回折光学素子 1 を設けたが、これに限定するものではなく、レンズ表面に設けても良いし、撮影レンズ内に複数、本発明の回折光学素子を使用しても良い。

【 0 0 7 3 】

また、本実施形態では、カメラの撮影レンズの場合を示したが、これに限定するものではなく、ビデオカメラの撮影レンズ、事務機のイメージスキャナーや、デジタル複写機のリーダーレンズなど広波長域で使用される結像光学系に使用しても同様の効果が得られる。

【 0 0 7 4 】

図 1 5 は本発明の回折光学素子を用いた光学系の要部概略図である。

【 0 0 7 5 】

図 1 5 は、双眼鏡等観察光学系の断面を示したものであり、図中、1 は回折光学素子を含む対物レンズ、1 0 4 は像を成立させるためのポロプリズム等の像反転手段であり、同図では簡単の為にガラスブロックで示している。1 0 5 は接眼レンズ、1 0 6 は評価面（瞳面）である。回折光学素子 1 は対物レンズの結像面 1 0 3 での色収差等を補正する目的で形成されている。

【 0 0 7 6 】

本発明の回折光学素子を用いることで、回折効率の波長依存性は大幅に改善されているので、フレアが少なく低周波数での解像力も高い高性能な対物レンズが得られる。また本発明の回折光学素子は、簡単な製法で作成できるので、観察光学系としては量産性に優れた安価な光学系を提供できる。

【 0 0 7 7 】

本実施形態では、対物レンズ部に回折光学素子を形成した場合を示したが、これに限定するものではなく、プリズム表面や接眼レンズ内の位置であっても同様の効果が得られる。しかしながら、結像面より物体側に設けることで対物レンズのみでの色収差低減効果があるため、肉眼の観察系の場合すくなくとも対物レンズ側に設けることが望ましい。

【 0 0 7 8 】

また本実施形態では、双眼鏡の場合を示したが、これに限定するものではなく

地上望遠鏡や天体観測用望遠鏡などであってもよく、またレンズシャッターカメラやビデオカメラなどの光学式のファインダーであっても同様の効果が得られる。

#### 【 0 0 7 9 】

##### 【発明の効果】

本発明によれば、使用波長領域全域で高い回折効率を有し、光学系の一部に用いたときでも画角によって回折効率の変化が少なく良好なる光学性能が容易に得られる回折光学素子及びそれを用いた光学系を達成することができる。

#### 【 0 0 8 0 】

この他本発明によれば、

(7-1) 広い波長域で用いられ、少なくとも2種類の分散の異なる材質からなる回折格子を2つ以上近接させて重ね合わされた積層格子構造を持ち、使用波長領域全域で特定次数の回折効率を高くするような回折光学素子に於いて、前記回折格子を曲面上に形成する場合、隣接する回折格子の最も近接する格子部の先端を連ねた面が実質的に等しい曲面形状とすること、

さらに、隣接する回折格子の最も近接する格子部の先端の位置が実質的に等しい格子ピッチ分布を有すること、

また、各回折格子の格子エッジと格子面のなす角度は、隣接する回折格子の最も近接する格子部の先端を連ねた面と格子先端が交わる位置での面法線と、格子面がなす角度と同一或いは鈍くなるように設けられること、

また、各回折格子の格子厚は、格子の先端を連ねた面と格子先端が交わる位置での面法線方向の厚み射影成分が一定であるような構成のうち少なくとも1つを用いることで、曲面上に回折光学素子を設けた場合でも、従来の平面上に形成した場合と同性能の不要回折光の抑制された回折光学素子が達成できる。

#### 【 0 0 8 1 】

また、前記2つの回折光学素子は各素子の非格子領域で接合されることにすることで回折光学素子の取扱い性が大幅に改善され、また格子部へのゴミの付着のない良好な回折光学素子を提供できる。

#### 【 0 0 8 2 】

また、非格子領域の格子高さ規制箇所を設けることにすることで、2つの回折格子の位置合わせが格子輪帯方向のみの合せとなるので、作業性が改善される。さらに、位置合わせ中に回折格子同士が干渉し、回折格子の先端部が変形するなどの事故は大幅に低減される。

【0083】

また、基板と回折格子の格子部を形成する材料を同一とし、基板と回折格子を一体で作成するような構成とすることにより、基板外径と格子中心の位置精度や、基板がレンズの場合は、基板レンズの芯と格子中心を精度良く合せられるので、上記偏心による結像性能の劣化は大幅に低減でき、性能の良いレンズ系を提供できる。

【0084】

また、回折光学素子を撮影レンズに使用すれば、安価で高精度な撮影レンズを提供できる。

【0085】

また、回折光学素子を観察光学系に使用すれば、安価で高精度な観察光学系を提供できる。

【図面の簡単な説明】

- 【図1】 本発明の実施形態1の回折光学素子の要部概略図
- 【図2】 本発明の実施形態1の回折格子の要部断面図
- 【図3】 本発明の実施形態1の回折光学素子の回折効率の説明図
- 【図4】 格子ピッチの説明図
- 【図5】 回折格子の格子先端の曲面形状の説明図
- 【図6】 回折格子の格子先端の曲面形状の説明図
- 【図7】 回折格子の格子先端の曲面形状の説明図
- 【図8】 回折格子の格子ピッチと曲面形状の説明図
- 【図9】 格子エッジ形状の説明図
- 【図10】 格子厚の説明図
- 【図11】 本発明の実施形態1の1次元の回折光学素子の説明図
- 【図12】 本発明の実施形態2の回折光学素子の要部概略図



- 【図 1 3】 本発明の実施形態 3 の回折光学素子の要部概略図
- 【図 1 4】 本発明の実施形態 4 の撮影光学系
- 【図 1 5】 本発明の実施形態 5 の観察光学系
- 【図 1 6】 従来例の回折光学素子の格子形状（三角波形状）の説明図
- 【図 1 7】 従来例の回折光学素子の回折効率の説明図
- 【図 1 8】 従来例の積層型の回折光学素子の断面形状の説明図
- 【図 1 9】 従来例の積層型の回折光学素子の回折効率の説明図
- 【図 2 0】 従来例の積層型の回折光学素子の断面形状の説明図
- 【図 2 1】 従来の平板上に形成された回折光学素子の断面形状の説明図
- 【図 2 2】 従来の平板上に形成された回折光学素子の回折効率の説明図

【符号の説明】

- 1、回折光学素子
- 2、第 1 の回折光学素子
- 3、第 2 の回折光学素子
- 4、5、回折光学素子の基板部
- 6、7、回折格子
- 8、空気層
- 9、10、格子先端曲面
- 11、格子エッジ部
- 12、仮想曲面
- 13、接着層
- 14、格子高さ規制部
- 101、撮影レンズ
- 102、絞り
- 103、結像面
- 104、像反転プリズム
- 105、接眼レンズ
- 106、評価面（瞳面）
- 6-1、7-1、格子部

6 a, 7 a、格子面

6 b, 7 b、先端部

7 2 d、溝底部

7 2 c、溝底曲面

7 2 e, 7 3 b、先端部

7 1 a, 7 2 a, 7 3 a、回折格子

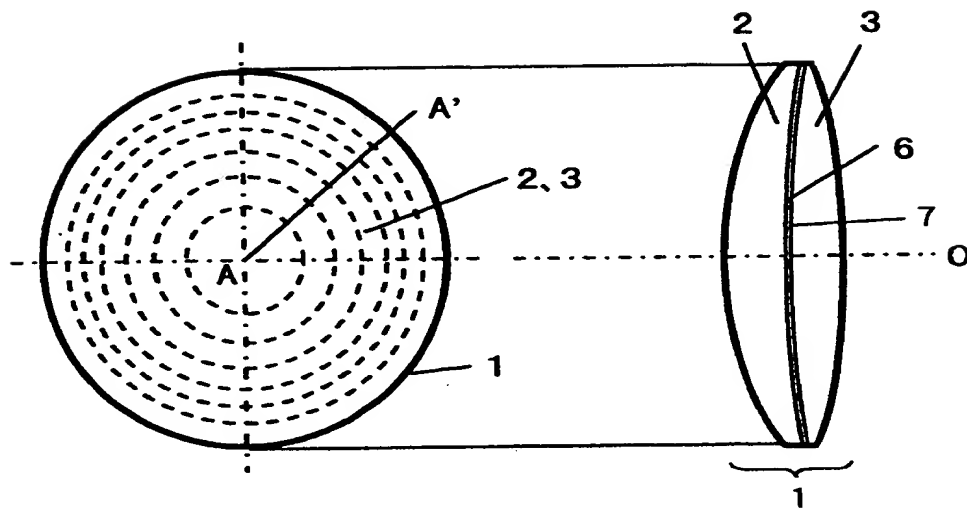
7 1 c, 7 2 d, 7 3 c、先端曲面

1 1 a, 1 1 b、格子エッジ部

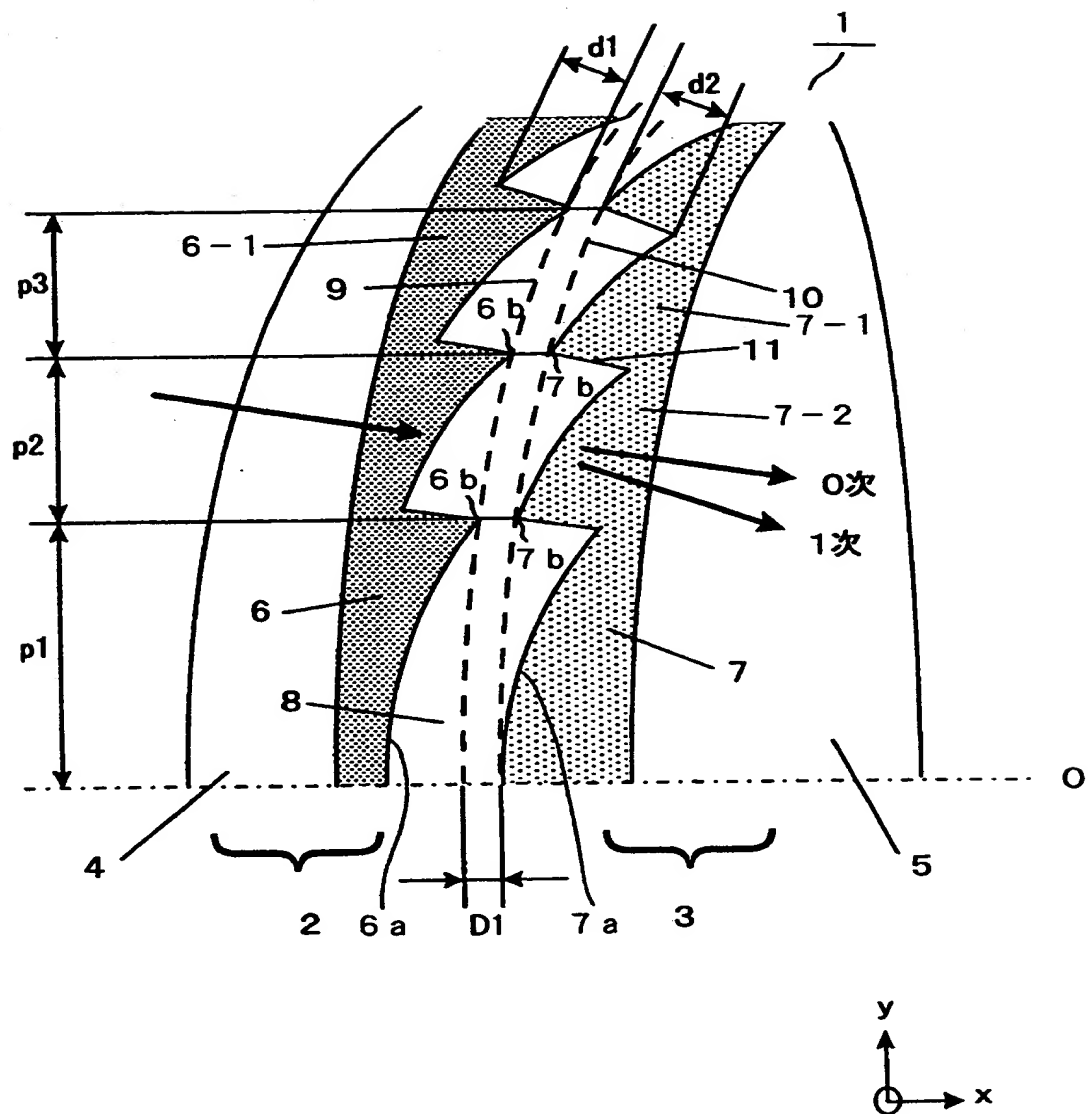
O、光軸

【書類名】 図面

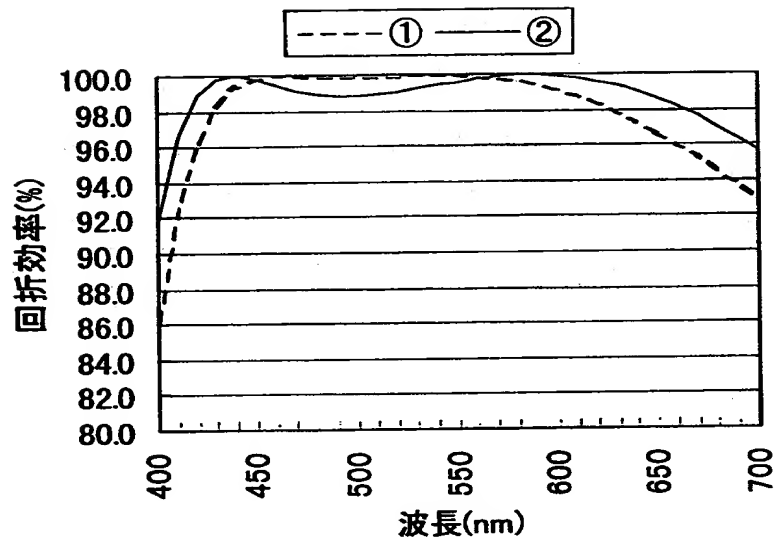
【図 1】



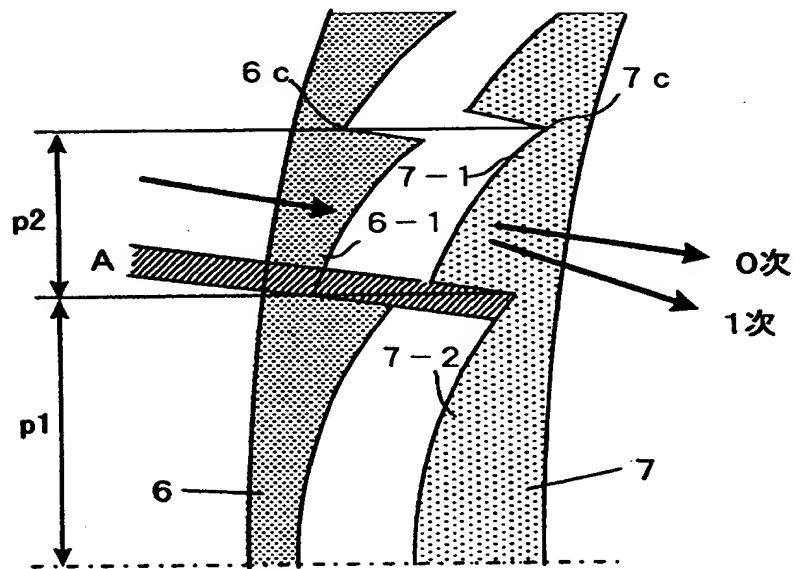
【図 2】



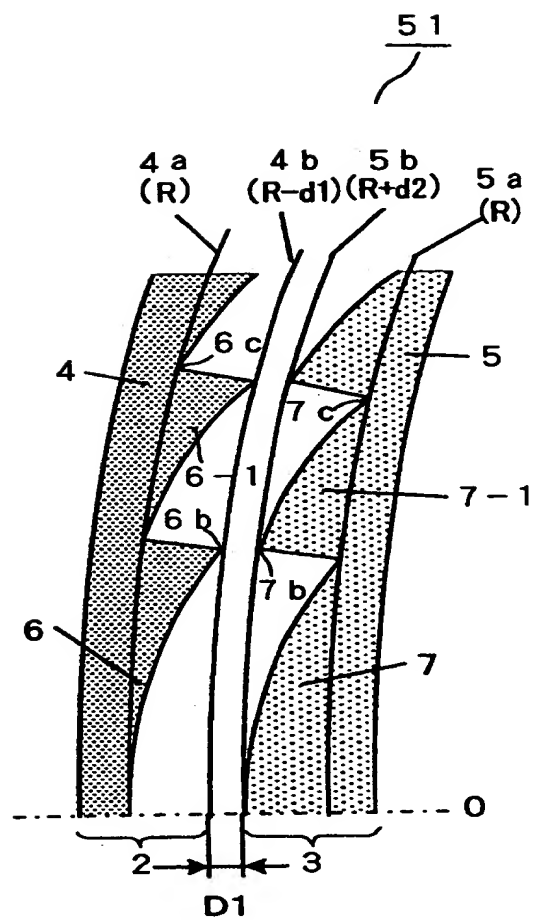
【図 3】



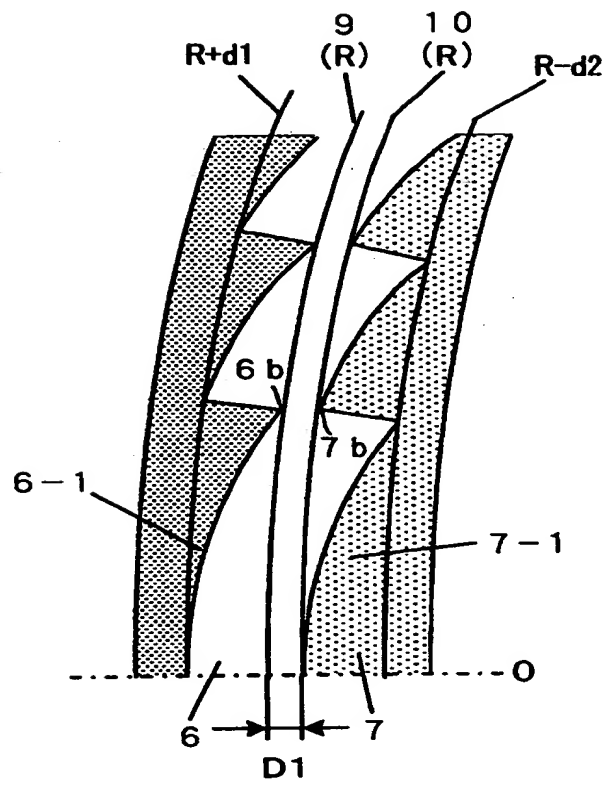
【図 4】



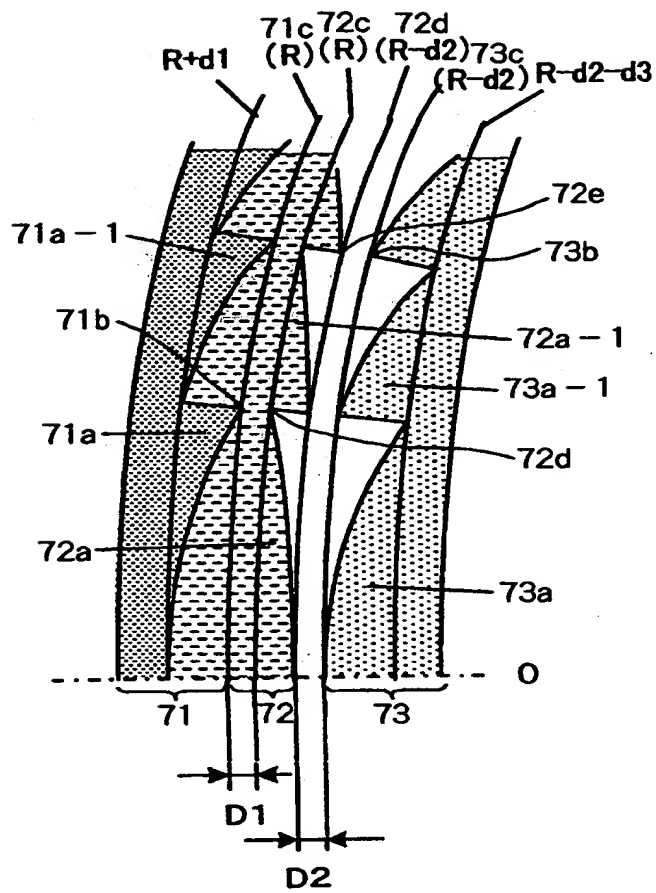
【図 5】



【図 6】

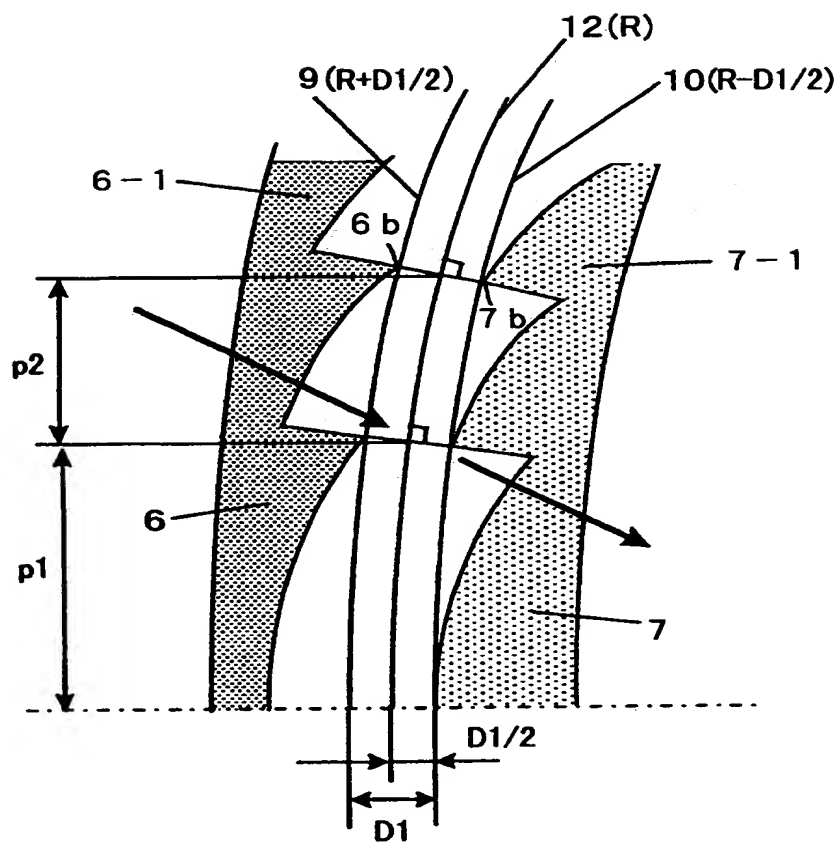


【図 7】

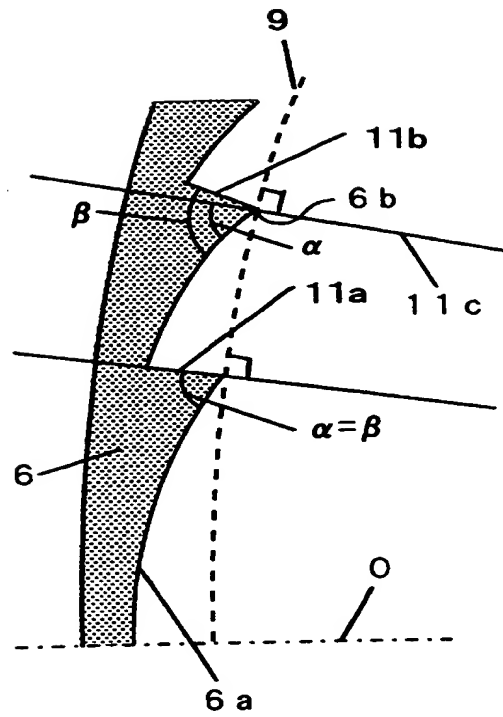




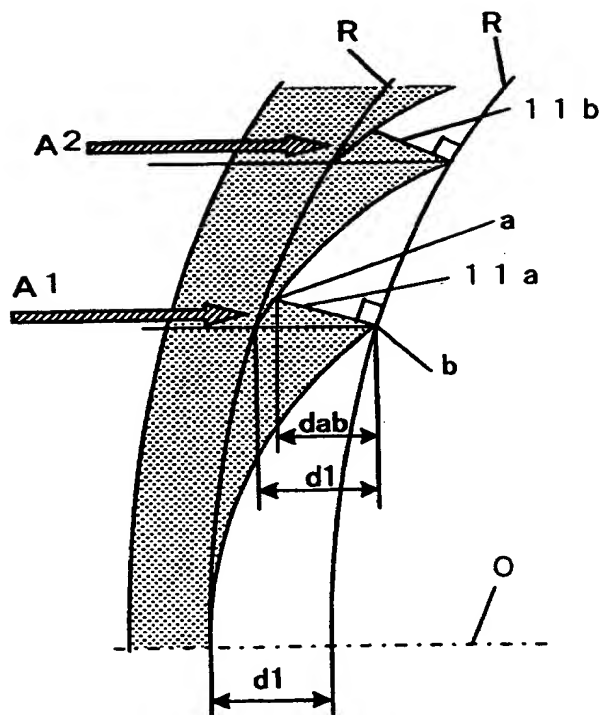
【図 8】



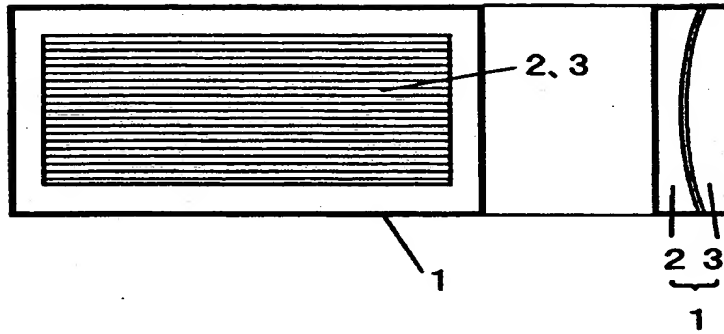
【図 9】



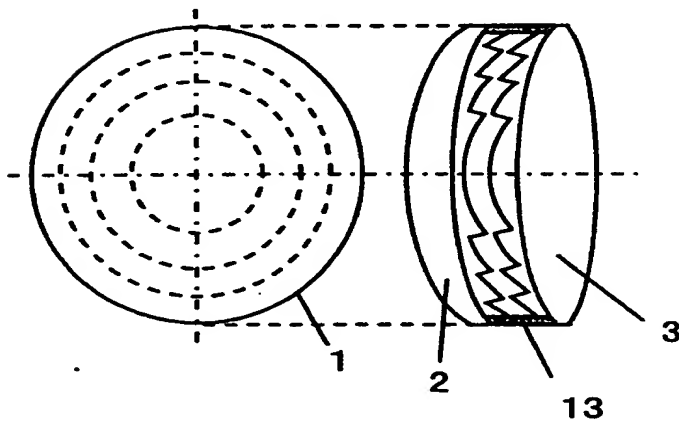
【図 10】



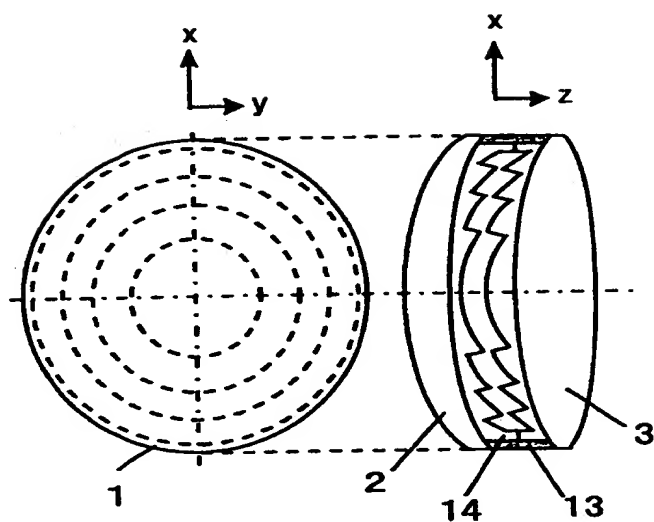
【図 1 1】



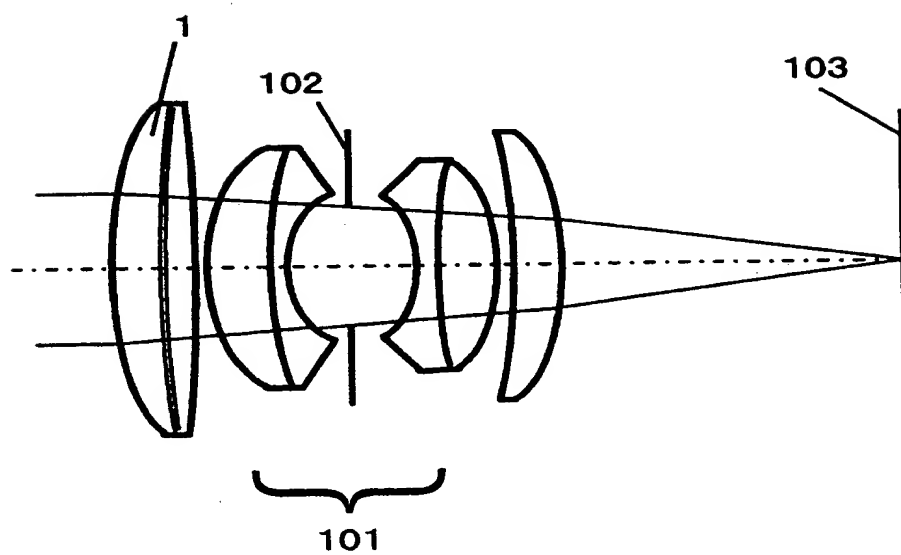
【図 1 2】



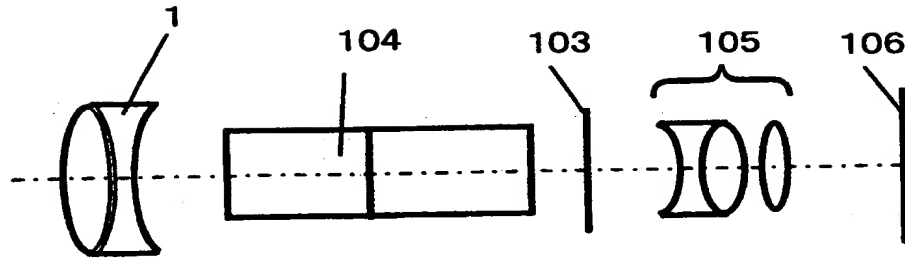
【図 1 3】



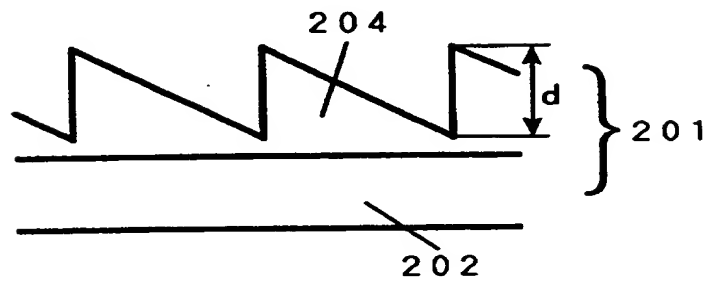
【図 1 4】



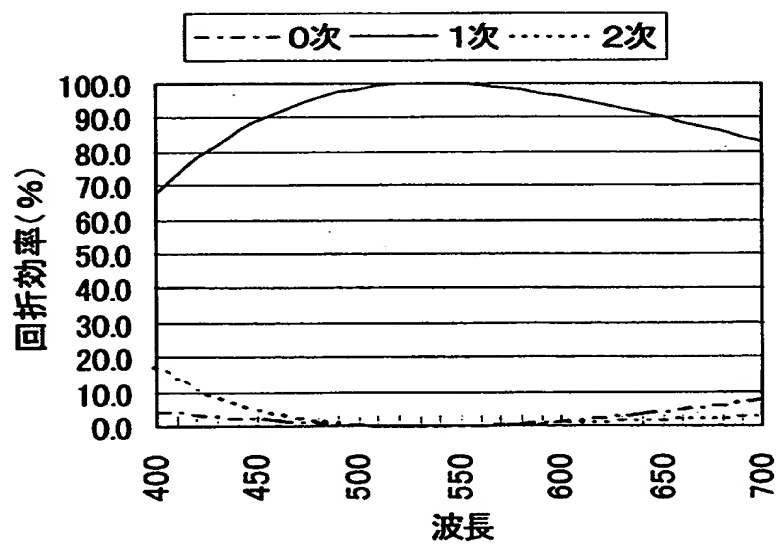
【図 1 5】



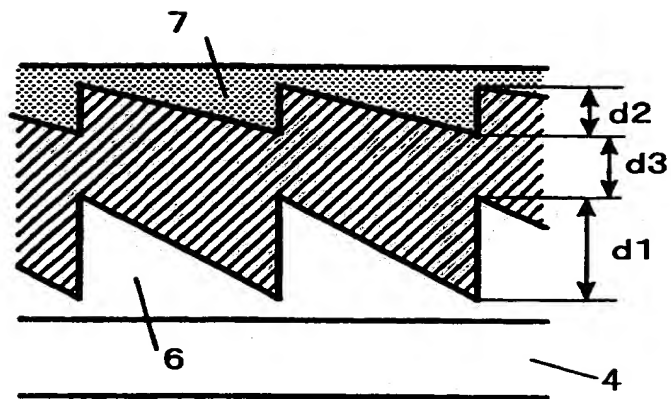
【図 1 6】



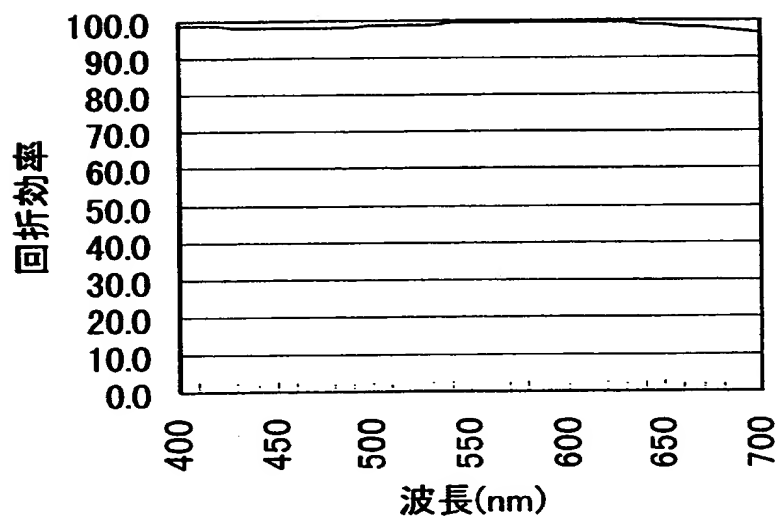
【図 1 7】



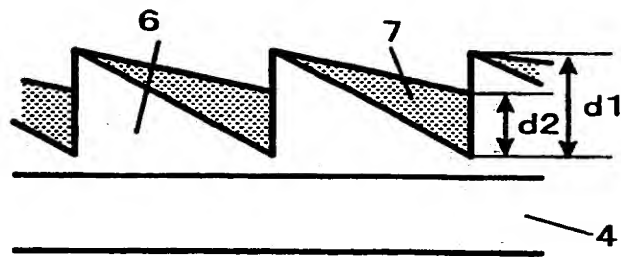
【図 1 8】



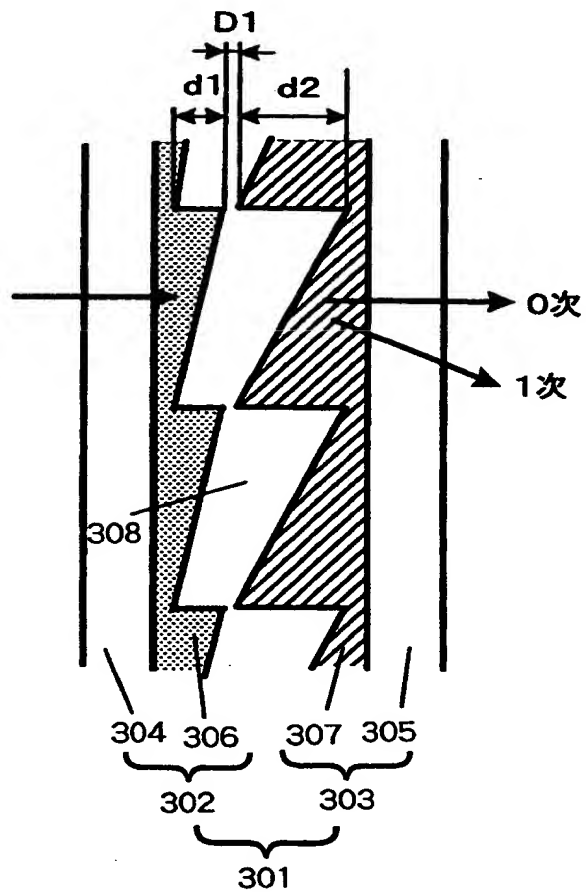
【図 1 9】



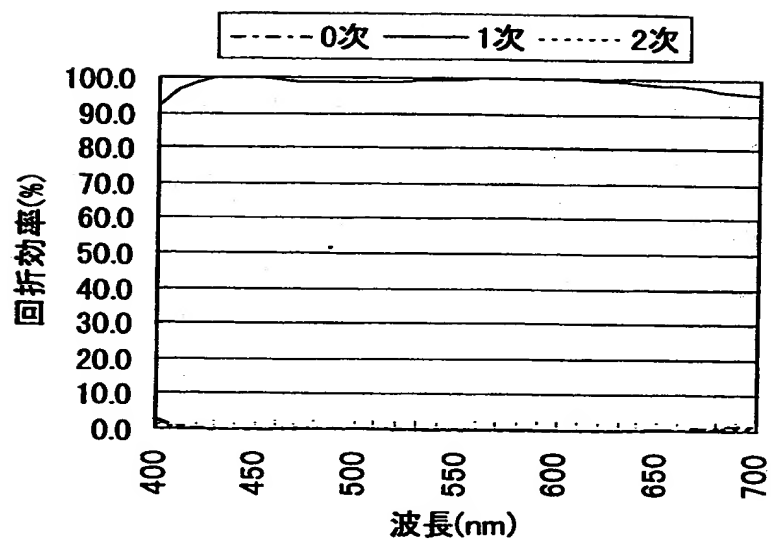
【図 2 0】



【図 2 1】



【図 2 2】





【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 広い波長域で高い回折効率を有し、フレア等を有効に抑制できるように構成した回折光学素子及びそれを用いた光学系を得ること。

【解決手段】 少なくとも2種類の分散の異なる材質からなる回折格子を複数近接させて重ね合わせた積層格子構造を有し、使用波長領域で特定次数の回折効率を高くした回折光学素子に於いて、前記複数の回折格子のうち少なくとも2つは曲面上に形成しており、隣接する2つの回折格子は、各格子部の先端部を連ねた先端曲面が等しい曲面形状となっていること。

【選択図】 図2

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000001007]

1. 変更年月日	1990年 8月30日
[変更理由]	新規登録
住 所	東京都大田区下丸子3丁目30番2号
氏 名	キヤノン株式会社